急纤虫*Tachysoma pellionella*的实验再生

张作人　顾福康

（华东师范大学生物系原生动物学实验室）

摘　要

观察急纤虫*Tachysoma pellionella*切割后的断片的再生过程，发现急纤虫的大核对再生过程具有重要作用。急纤虫在再生过程中它的毛基系的形态发生与所在的皮膜本身相联系，这与其他的许多研究相一致；并且急纤虫的皮膜共老口围带对再生过程中新棘毛原基的棘毛的分化和移动具有抑制作用，它对其远端的抑制作用弱，对近端的强，这种抑制作用随老口围带的小膜的瓦解、吸收和新口围带小膜的改组更新而消失。

原生动物腹毛类纤毛虫的实验再生，关系到核器及其皮质小器官的再生问题，尤其是关系到其毛基系统的形态发生以及在形态发生中纤毛器的分化和定位问题，并且在再生过程中，它的细胞结构模式是如何调节的，又是如何遗传的，反映在细胞核质关系上它们之间又是如何发生作用的，这一系列有趣的问题，很早就引起了原生动物学研究者的注意。本文报告对腹毛类纤毛虫急纤虫*Tachysoma pellionella*的实验再生，并对其断片内核的变化和表膜形态发生的过程进行了讨论。

材料和方法

急纤虫*Tachysoma pellionella*是本校校湖内采集得到的。用麦粒液培育的细菌作为食料，在20°C左右的室温下进行单个虫子培养，育成无性繁殖系（clone）后，用作为本实验的材料。

急纤虫在无性分裂间期时体长140微米，宽45微米，身体较为柔软，腹面毛基系其棘毛自额区、腹区、肛区按8、5、5图式分布，缘棘毛左、右两列，无尾棘毛。含有两个椭圆形大核，在两个大核周围有7—8个小核（图1）。

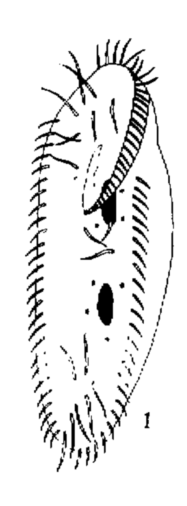
挑选处于无性分裂间期的急纤虫，在显微解剖镜下用玻璃针按下列两种方式作切割

本文1981年10月27日收到。

实验：

（1）与动物身体长轴相垂直，将动物对半横切，这样得到各含有一个大核的前、后两个断片（图2，a）。

（2）先按（1）方式切割得到前、后两个断片，然后继续将前部断片自上至下1/3处横切，得2/3部分和1/3部分的前部断片；将后部断片自下至上1/3处横切，得2/3部分和1/3部分的后部断片。这样切割得到的含2/3部分的前、后两个断片各含有一个大核（图2，b）。



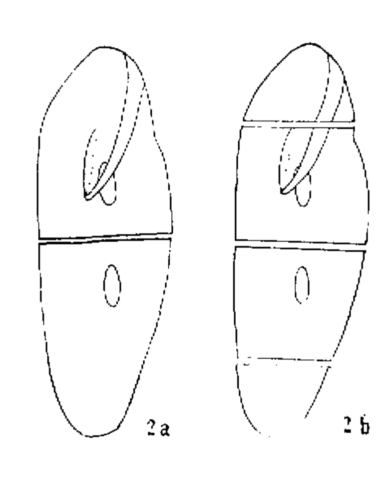


图1 急纤虫 Tachysoma pellionella，示它的腹面毛基系统及其核器

图2
a．按（1）切割急纤虫的方式
b．按（2）切割急纤虫的方式

将上述切割得到的断片继续培养，则含有一个大核的断片能继续成活并发生再生过程，最终变化成为完整的能行正常无性繁殖的虫体。

将处于再生过程中的断片间隔一定时间按本实验室的常规方法制片，在显微镜下进行观察检查。

结　　果

一、切割后前、后断片的变化及其核器的变化过程

按（1）、（2）横切所得的含有一个大核的断片，在培养液内以旋转进行活动，断片的两端凝缩变圆，在再生过程中断片逐渐长大并伸长，最终形成一个完整的正常小动物。整个断片的再生过程大约需要24小时。再经过24小时后，可看到再生的小动物发生无性分裂。而切割所得的无大核断片，在培养液内尽管开始时作打转活动，后变成圆球形，但不久即趋于瓦解消失。

在再生过程中，断片内含有的一个大核开始时由椭圆形变为圆球形，而后逐渐增大拉长。不久，在大核的中部出现缢缩，随之大核发生分裂，一个大核变为两个。大核的分裂在切割后断片培养过程中 1 —1.5小时发生。

分裂以后的两个大核的变化和所在断片的变化相一致，当断片形成为正常的虫体时，两个大核也成为椭圆形，成纵向排列于虫体的特定位置。

切割后的断片内所含的小核在再生过程中似乎经历了扩大、凝缩的过程。

二、切割后的前部断片腹面毛基系统的形态发生过程

按（1）切割所得的前部断片留下了完整的口围带、波动膜、部分腹棘毛和相应的部分缘棘毛；按（2）切割所得的前部断片留下了波动膜、部分口围带、部分额棘毛、部分腹棘毛以及相应的部分缘棘毛。这两个前部断片形态发生的过程基本相同。

切割后的前部断片其毛基系逐渐退化，由纤毛紧密聚集而组成的棘毛在其上端先疏散开来，最终瓦解、消失；2.5— 3 小时后，在额区紧靠波动膜的地方斜向伸出五排条纹状的新棘毛原基和一条新波动膜原基，不久，新棘毛原基位于新波动膜原基左侧，成平行排列，与新波动膜原基构成约30°角；接着，新棘毛原基渐渐伸长变粗，看上去，原基条纹是由许多微细的纤毛基粒聚集而成。后来每排原基分化成三或四段，每段形成一根棘毛。五排新棘毛原基中棘毛的分化并不同时发生，而先分化的棘毛则是先发生移动。新棘毛的分化和移动先从离老口围带远端的原基开始，按自老口围带远端左侧下方往上、自左至右的顺序进行。离老口围带远端的一排新棘毛原基分化和迁移时，近端的原基还未发生分化。形态发生的过程与断片形状的变化相一致。至断片变化成具有正常外形的虫体时，分化并移动的棘毛也在额区、腹区、肛区按 8 、 5 、 5 图式分布和定位

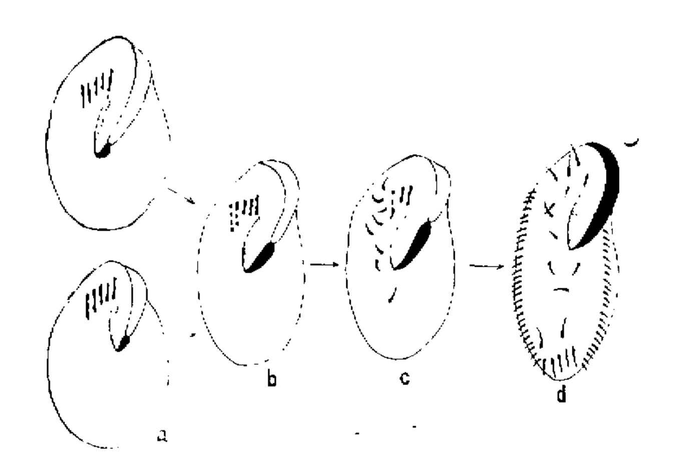


图 3　急纤虫切割后的前部断片腹面毛基系统的发生过程（a.b.c.d.略）

a. 示在老口围带和老波动膜开始更新的同时，它们的左侧长出五排新棘毛原基。
b. 离老口围带远端的棘毛原基发生分化。
c. 分化形成的棘毛开始移动，但离老口围带近端的原基还未分化。
d. 完成再生过程后形成的小虫体。

（图3）。至此，老棘毛也全部消失。

在此期间，老波动膜被吸收、新波动膜原基分化形成新波动膜；老口围带也退化，开始时老口围带的小膜变为不规则，每个小膜的顶端出现疏散，自老口围带基部起始逐渐向上瓦解，伴随着新分化形成的小膜自老口围带基部起始逐渐向上更新。老口围带的小膜全部瓦解、吸收后，则出现一片片整齐排列的新小膜，组成了新的口围带。

两排老缘棘毛的瓦解和消失、新缘棘毛的形成也是同时发生的。这两排缘棘毛的形成位置有不同，新的右缘棘毛在老的右缘棘毛的内缘形成，新的左缘棘毛在老的左缘棘毛的外缘形成。

三、切割后的后部断片腹面毛基系统的形态发生过程

按（1）切割所得的后部断片保留了后部两根腹棘毛和五根肛棘毛，还有相应的两排部分缘棘毛；按（2）切割所得的后部断片仅有两排所属的部分缘棘毛。这两个断片的形态发生过程除前者有原来的腹棘毛的瓦解和消失外、基本上以相同的过程进行。

切割后2小时左右，在断片腹面中间偏右位置长出口围带原基和波动膜原基，开始时原基很小，随着断片的增大和拉长，它们也由基部向上伸展和长大。接着，在波动膜原基左侧上方发出五排棘毛原基，它们以与前部断片相似的方式发生分化，先是分成若干段纤毛条索，每段形成一根棘毛，每根棘毛分别发生移动，最终全部棘毛移动到额区、腹区和肛区定位。但新棘毛的分化和移动的行为与前部断片有不同，后部断片新棘毛的分化和移动几乎都是在同时发生、同时进行的（图4）。

在口围带、波动膜、新棘毛形成时，老缘棘毛瓦解消失，在右缘棘毛内缘和左缘棘毛外缘分别形成新的缘棘毛。这样，一个完整的小动物也就形成了。

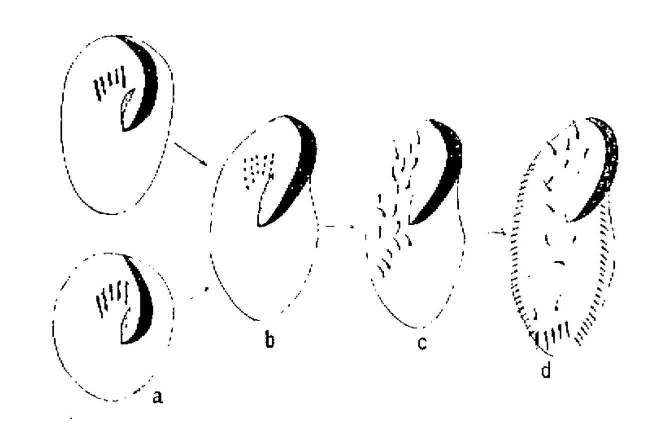


图4 急纤虫切割后的后部断片腹面毛基系统的发生过程（a.b.c.d.略）。

a．断片腹面长出新口围带和新波动膜，在它们的左侧长出五排棘毛原基。
b．口围带和波动膜逐渐长大，五排棘毛原基同时发生分化。
c．分化形成的棘毛同时发生移动。
d．完成再生过程后的小虫体。

讨 论

1.原生动物的实验再生，许多现象是引人注意的。Golinska对*Dileptus*的研究中发现，切割获得的*Dileptus*的无核断片能形成吻和口的部分，并且也能发生毛基体的增生(Golinska, K. 1966)。由此 Jerka-Dziadsz, 和 Golinska 认为，“某些结构的调节不需要核器的直接支持”(Jerka-Dziadsz, M. & Golinska, K. 1977)。Tartar 在对喇叭虫的实验中发现，去细胞核后，一定发育阶段的口原基基本上还能继续生长一至二个阶段。他也认为，毛基体的增生和吸收不因核器的消失所影响(Tartar, V. 1961)。本实验中也发现，腹毛类纤毛虫具有强烈的再生作用，经切割所得的 *Tachysoma pellionella* 的断片中，它的大核在 1—1.5 小时后发生分裂，它的表膜毛基系统在 2—3 小时后改组更新，含有大核的部分能在适当的培养条件下生长再生，最终能成为完整的行正常无性分裂的个体。但是无大核的断片则趋于瓦解和消失。对照许多原生动物学者所作的类似的工作，结果基本相同(见 Yow, F. W. 1958)。可以表明，纤毛虫(其中包括急纤虫)的大核对个体的生命活动及其生理功能(包括再生)确实起着重要作用。当然，就再生作用而言，它并非是唯一起作用的。

2.纤毛虫的皮膜系统早已为原生动物学家所重视，早期的工作就认为，纤毛虫的皮膜及其有关的小器官是另一个独立于细胞核外的系统(Chatton & Lwoff, 1929)。由此，原生动物学家把腹毛虫发育或再生过程中其皮膜小器官的发生与皮膜结构本身相联系起来。Frankel 认为腹毛虫中新纤毛器的“雏形”是由某些先存的老纤毛器的纤毛成分形成或是在先存的纤毛近旁形成，某些老棘毛疏散的结果常形成新棘毛的“雏形”(Frankel, J. 1973)。在切割后所得的前部断片中，无论就新棘毛原基的发生和分化，还是口围带的小膜和波动膜的更新过程，似乎都与老棘毛、老波动膜、老口围带的瓦解、消失相联系，并且这些纤毛器都是在原来纤毛器的近旁形成，这足以说明，先存的老纤毛器不但为新纤毛器的发生、更新提供了能量，并且皮膜本身对新棘毛器的发生、分化和定位至少有重要作用。

但是切割后的后部断片的新纤毛器的发生、分化和定位似乎是按先分化口围带原基和波动膜原基、接下去再分化新棘毛原基等的顺序进行的，这种控制，除了皮膜本身外，是否与口围带原基和波动膜原基有关系呢？这也是值得探讨的问题。

3.Hashimoto 在观察伪尖毛虫*Oxytricha fallax*切割后断片的再生过程中发现，它的前部断片的再生过程要比后部断片慢得多，因此解释，这种现象可能与老口围带的抑制作用有关(Hashimoto, K. 1961)；同时，他在伪尖毛虫形成包囊过程中观察到，在一定时期，口围带趋于抑制形成包囊的过程(Hashimoto, K. 1962)。看来，对腹毛虫的口围带在不同发育时期所起的作用引起了研究者们的重视。我们在急纤虫的再生过程中没有发现大核对断片皮膜的形态发生有直接作用，却发现了老口围带对新棘毛原基中棘毛的分化和移动有抑制作用。切割后含口围带的前部断片和不含口围带的后部断片相比，它的毛基系发生、分化和定位要比后部断片来得晚；而在含口围带的前部断片中，其发生的五排新棘毛原基棘毛的分化自离老口围带远端的原基先开始，接下去棘毛的移动

也是由离老口围带远端先分化的棘毛开始，逐渐转到离老口围带近端的原基发生棘毛的分化和移动。老口围带的瓦解、消失是由基部向上逐渐发生的，新口围带的小膜是由基部向上逐渐更新的，而新棘毛原基中棘毛的分化则是由原基下端向上、由离老口围带的远端到近端的次序逐渐进行的，这种顺序是与老口围带小膜的瓦解和新口围带小膜的更新相应的；但是，在不含有老口围带的后部断片中其形成的棘毛原基发生棘毛的分化和移动时没有这种现象。这似乎表明，老口围带的存在对新棘毛原基中棘毛的分化和移动有抑制作用，它对远端的抑制弱，对近端的强。这种抑制作用是随着口围带的改组更新过程的完成而消失。这一抑制作用究竟意味着什么？因何而起，是值得今后进行探索的。

参 考 文 献

Frankel, J. 1973 The positioning of ciliary organelles in Hypotrich ciliates. *J. Protozool.*, 20 (1):8—18.

Golinska, K. 1966 Regeneration of anuclear fragments in *Dileptus cygnus* Clap. et Lachm. *Acta Protozool.*, 4:41—50.

Hashimoto, K. 1961 Stomatogenesis and formation of cirri in fragments of *Oxytricha fallax* Stein. *J. Protozool.*, 8(4):433—442.

Hashimoto, K. 1962 Relationships between feeding organelles and encystment in Oxytricha fallax stein. *J. Protozool.*, 9(2):161—169.

Jerka-Dziadsz, M & Golinska, K. 1977 Regulation of ciliary pattern in ciliates. *J. Protozool.*, 24(1):19—26.

Tartar, V. 1961 The biology of *Stentor*. Pergamon Press. Oxford.

Yow, F. W. 1958 A study of the regulation pattern of *Euplotes eurystomus*. *J. Protozool.*, 5(1):84—88.

EXPERIMENTAL REGENERATION OF *TACHYSOMA PELLIONELLA*

Zhang Zuoren and Gu Fukang

(Department of Biology, East China Normal University)

Through observing the regenerative process on the fragments of excised *Tachysoma pellionella*, it is considered that the macronucleus of the animal plays an important role to its regeneration, and the morphogenesis of infraciliature in fragments is related to their corresponding. This is coincide with the results of many studies of other protozoologists. Further, it was observed that: (Ⅰ) The old adoral zone of membranelles (AZM) exercises some inhibitory effects to the differentiation and shifting of cirri on new cirri promordia in the regenerating fragment. (Ⅱ) These effects are weaker in the distal parts and stronger in the proximal parts. (Ⅲ) These inhibitory effects disappear with the disintegration and absorption of the membranelles of old AZM, as well as the completion of regeneration and renewing process of new AZM.